

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-097531
 (43)Date of publication of application : 08.04.1994

(51)Int.CI. H01L 43/08
 G01R 33/06
 G11B 5/39
 // H01F 1/00

(21)Application number : 04-242468
 (22)Date of filing : 11.09.1992

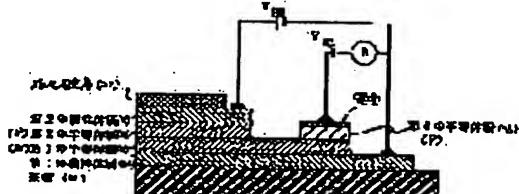
(71)Applicant : TOSHIBA CORP
 (72)Inventor : KAMIGUCHI YUZO
 SAWABE ATSUSHI
 SAHASHI MASASHI
 IWASAKI HITOSHI

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To industrially use a magneto resistance effect element which applies spin information of a magnetic substance layer, by constituting the element in the structure wherein a first magnetic substance layer and a second magnetic substance layer are bonded via P-type or an N-type semiconductor layer.

CONSTITUTION: A first magnetic substance layer 22 and second magnetic substance layer 25 are bonded via a P-type or an N-type semiconductor layer 23, 24. In this constitution, the carriers injected in the semiconductor layers 23, 24 from the first magnetic substance layer 22 diffuse and move in the semiconductor layers 23, 24 while keeping spin polarization information, and reach a second magnetic substance layer 25 via a carrier injection barrier like a Schottky barrier. The value of a tunnel current flowing as the result of the injection corresponds with the intensity of a magnetic field. In this case the spin polarization information is effectively transmitted as compared with an I-type semiconductor, so that semiconductor thickness can be increased. Hence an industrially useful magneto resistance effect element can be obtained without necessitating a thin insulating film.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number] 3253696
[Date of registration] 22.11.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-97531

(43)公開日 平成6年(1994)4月8日

(51)Int.Cl.
 H 01 L 43/08
 G 01 R 33/06
 G 11 B 5/39
 // H 01 F 1/00

識別記号 序内整理番号
 S 9274-4M
 R 8203-2G

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平4-242468

(22)出願日 平成4年(1992)9月11日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 上口 裕三

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 潤邊 厚仁

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 佐橋 政司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 則近 審佑

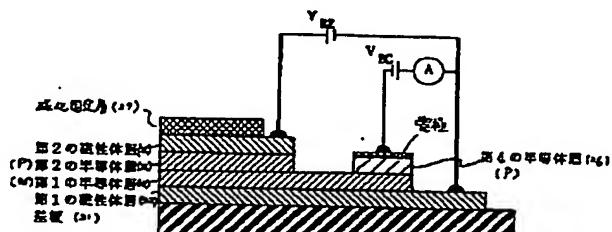
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57)【要約】

【構成】 絶縁性の基板上に第1の磁性体層が形成され、その上にN型の第1の半導体層が形成されている。またこの第1の半導体層上の所定の領域にはP型の第2の半導体層及び第2の磁性体層がこの順序で積層形成されている。さらにこの第2の半導体層が形成されている領域に近接した領域にP型の第4の半導体層が形成されている。さてこのような構造で、第1の半導体層をベース (B) とし、第2の半導体層をエミッタ (E) とし、第4の半導体層をコレクタ (C) とし、第1の磁性体層ベース電極とし、第2の磁性体層をエミッタ電極とする。この構成でB-E間にバイアス電流を流した状態で外部磁界を変化させると、B-C間の電流が磁界に応じて変化する。

【効果】 高感度、高出力の新規な磁気抵抗効果素子を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の磁性体層と、第2の磁性体層とが、P型若しくはN型の半導体層を介して接合された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 第1の磁性体層と、第2の磁性体層とが、第1導電型の第1の半導体層と第2導電型の第2の半導体層との接合を有する半導体層を介して接合された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 第1の磁性体層と、この第1の磁性体層に接合された第1導電型の第1の半導体層と、この第1の半導体層に接合された第2導電型の第2の半導体層と、この第2の半導体層に接合された第2の磁性体層と、第1の半導体層に接合された第2導電型の第3の半導体層とを具備したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 磁性体層と半導体層との間に絶縁体層を介在せしめたことを特徴とする請求項1乃至3記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 第1の導電型の半導体層と第2導電型の半導体層との間にI型若しくは高抵抗の半導体層を介在せしめたことを特徴とする請求項1乃至4記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、再生用磁気ヘッド、高感度磁気センサなどに好適な磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気記録密度の向上に伴い、磁気ヘッドの高感度化が要求され、磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッドの研究が進められている。

【0003】 従来はFe-Niバーマロイ薄膜などの強磁性磁気抵抗効果を用いるものが主であるが、電気抵抗の変化率 $((\rho_1 - \rho_t) / \rho_0) \times 100$ (ρ_1 : 磁化の向きと平行方向の電気抵抗, ρ_t : 磁化の向きと直角方向の電気抵抗, ρ_0 : 消磁状態での電気抵抗) は高々2%程度と十分なものではない。

【0004】 また、非磁性の中間層を介して磁性体層を対向せしめ、反強磁性的に結合せしめる構造の磁気抵抗効果素子が提案されている(特開平2-61572号公報など)。これは、磁性体層間の相対的な磁気スピンの向きを磁界により変えて磁気抵抗効果を得るものである。基本的には磁性体層と中間層との界面で生じるスピン方向に依存する電子散乱を利用するため、中間層は電子の平均自由行程より小さい厚さに構成される。

【0005】 しかしながらこのような構成の磁気抵抗効果素子は比抵抗が小さいため、十分な信号出力を得るためにには、大電流密度が必要であり、発熱、エレクトロマイグレーション等の問題があるため、信頼性、耐久性の点で問題がある。

【0006】 一方、磁気トンネル接合を利用した磁気抵抗効果素子も知られている(特開平4-42417号公報、特開平4-103013号公報、特開平4-103014号公報など)。この素子は、10A(オングストローム)程度の極めて薄い絶縁体膜を介して磁性体層を対向せしめた構成を探り、両磁性体層の磁化の相対角度によってトンネルコンダクタンスが変化することを用いるものである。

【0007】 この磁気トンネル接合を利用した磁気抵抗効果素子では極めて薄い絶縁体層をピンホールなどの欠陥がなく良好に形成する必要があるため、再現性、耐久性、安定性等の問題から工業的な応用は困難であった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら磁気トンネル接合を利用した磁気抵抗効果素子ではトンネルコンダクタンスが小さいため、比較的小さな電流密度で大きな出力信号を得ることができるので、発熱、エレクトロマイグレーション等の問題が生じ難い。従って、トンネル接合を形成するトンネル層を、ピンホールなどなく良好にかつ再現性良く形成できれば、磁気トンネル接合を利用した磁気抵抗効果素子は工業上非常に有効な技術となる。このように磁性体層のキャリアの持つスピン情報を利用した磁気抵抗効果素子は、工業的に有望であるが実用化されていないのが現状である。

【0009】 本発明は以上の点を考慮してなされたもので、磁性体層のスピン情報を利用した磁気抵抗効果素子を工業的に利用可能とする新規な構造の磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用】 本発明は、N型若しくはP型にドーピングされた半導体層中では、I型の半導体層中に比べ、注入されたキャリアはスピン偏極情報が保たれたまま拡散しやすいことに着目してなされたものである。

【0011】 すなわち本発明は、第1の磁性体層と、第2の磁性体層とが、P型若しくはN型の半導体層を介して接合された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子である。

【0012】 例えば半導体層を磁性体層で挟んだ構造を考えると(第1発明)このような構造を探ることで、第1の磁性体層から半導体層に注入されたキャリアは、スピン偏極情報を保ったまま半導体層中を拡散移動し、第2の磁性体層にショットキー障壁などのキャリアの注入障壁を介して到達する。この注入により流れるトンネル電流は、第1の磁性体層と第2の磁性体層の磁化の向きによりトンネル確率が変化するので、トンネル電流の大きさが、磁界の大きさに対応したものとなる。

【0013】 この場合、I型の半導体に比べP若しくはN型にドーピングされた半導体ではスピン偏極情報が効率良く伝達されるため、半導体層の厚みを増すことができる。またこの構成では半導体層と第2の磁性体層との

間のショットキーバリアを良好に形成することができ強磁性トンネル障壁として利用できる。従って、従来数10 A程度の極めて薄いトンネル膜が必要であったのが、ドーピングされた半導体層を用いることで、数100 A程度の膜厚でも磁気トンネル効果が実現することができる。よってピンホール等の欠陥のないトンネル膜を製造し易くなり、再現性、安定性等が向上することになる。またI型の半導体を用いた場合と同程度の膜厚とした場合でも、スピニ偏極情報が効率良く伝達されるため、感度の点で向上が期待される。ドーピング量は用いる磁性体材料との関係で適宜設定することが可能であるが、約10 16cm⁻³から1020cm⁻³とすることが好ましい。膜厚も適宜設定することが可能であるが、50Aから10000 Aとすることが好ましい。

【0014】磁性体層としてはFe、Ni、Co等の強磁性金属若しくはこれらの合金を用いることができる。また、PtMnSb、NiMnSb、CoMnSbなどのハーフメタル、Fe₃O₄、CoFe₂O₄、MnFe₂O₄などのフェライト、CrO₂、KCr₂Se₃などの磁性を示す化合物など各種のものを用いることができる。

【0015】また半導体層としては、Si、Ge等の単体の半導体のほか、SiGe、GaAs、ZnSe等の化合物半導体に適当なドーパントをドーピングしたものを使いことができるが、磁性材料に応じて適宜選択することが必要である。

【0016】また、P若しくはN型にドーピングされた半導体層と磁性体層との接合を用いることで、半導体層中のスピニ依存再結合効果を利用する磁気抵抗効果素子を構成することができる（第2発明）。

【0017】例えばPN接合を構成するP型半導体層及びN型半導体層のそれぞれに磁性体層を接合した構造を考えると、磁性体層から注入されたスピニ偏極した正孔とスピニ偏極した電子をPN接合界面近傍で再結合することになる。磁性体層間のスピニの相対角度により再結合の確率が変化し、キャリア消滅までの時間が変化することになり、結果としてキャリア密度に変化が生じ電気抵抗が変化することになる。このように磁界状態によって電気抵抗が変化することになる。

【0018】

【実施例】以下に本発明の実施例を説明する。

(実施例1) 図1(a)は第1の発明を示すもので、絶縁性の基板(1)上に第1の磁性体層(2)、第1の半導体層(3)、第2の磁性体層(4)を積層形成されている。なお、第1の磁性体層と半導体層とはショットキーリンジングが形成されている。また第2の磁性体層と半導体層もショットキーリンジングが形成されている。

【0019】なお第2の磁性体層に面内の一方向に磁気異方性を付与するため、第2の磁性体表面にはFeMn合金層のような反強磁性体層を磁化固定層(5)として形

成した。

【0020】この様な構成を探ることで、磁化の方向が固定されている第2の磁性体層の磁化が回転しないような範囲での磁界下では、第1の磁性体層中の磁気スピニのみが磁界の影響下で回転することになり、例えば磁界の強度により第1の磁性体層中の磁化方向と、第2の磁性体層中の磁化方向との相対角度が変化することになり、これがトンネルコンダクタンスの変化に反映されることになる。

【0021】例えば基板としてGaAs単結晶基板を、第1の磁性体層として約100A程度のFe薄膜を、N型の半導体層として約500A程度のSeドープのGaAsを、第2の磁性体層として約100A程度のCoFe合金層を用い、磁化固定層として約150AのFeMn合金層を形成し、上記構成の磁気抵抗効果素子を形成することができる。第2の磁性体層の磁化方向の反平行方向に磁界を印加したときの方が、反平行の方向に磁界をかけたときと比べ、トンネルコンダクタンスが低くなる。この様子を図2を用いて説明する。

【0022】反平行磁界印加のときは第1の磁性体層と第2の磁性体層との磁化方向が反平行になり、第1の磁性体層ではアップスピニ状態の電子の状態密度が高いのに比べ、第2の磁性体層ではダウンスピニ状態の電子の状態密度が高くなるため、結果としてトンネル確率が低くなる。一方、平行磁界印加のときは第2の磁性体層中でもアップスピニ状態の電子の状態密度が高くなるため、トンネル確率が高くなる。

【0023】従って、図1に示すように定電圧を印加しておけば、平行磁界印加時の方がトンネルコンダクタンスが高いので、平行磁界印加時の方が反平行磁界印加時と比べ、電流値が大きくなる。また逆に定電流駆動にすれば、電圧変化として読み取ることも可能である。

【0024】なお、本実施例の場合磁性体層は両方とも良導体であるので別段電極層を形成しなかったが、フェライト系のような電気抵抗が高い場合は、Au等の電極層を別途形成しても良い。ただし磁性体層への電子などのキャリアの注入に際し、障壁が形成されないように、オーミックコンタクトが形成されるように適宜材料を選定する必要がある。また用いる半導体層はN型に限らずP型でも構わない。また正孔の場合も同様に考えることができる。

(実施例2)

【0025】図1(a)に示した構造において、磁性体層からのキャリアの注入障壁をショットキーバリアで形成したが、例えば半導体層の酸化膜からなる絶縁体層をショットキーバリアの代替として用いても良い。この構成を図1(b)に示す。

【0026】トンネルバリア（キャリアの注入障壁）を絶縁体層だけで構成しようとすると、従来技術でも説明したように、極めて薄くする必要があり、ピンホール等

が生じやすくなってしまうという問題点があった。しかしながらドーピングされた半導体層と併用すること、たとえピンホールが存在したとしても、磁性体同士が接触することはないため、絶縁体の厚みは薄くすることができる。またキャリアはスピン情報を保持したままでドーピングされた半導体層中を移動するので、結果として図1(a)に示した構造の素子と同様の効果が期待できる。

【0027】この様な構成によれば良好なショットキ二極管が形成できない磁性体と半導体の組み合わせでも素子を構成することができ、素子製造の際の材料選択に自由度が増す。

【0028】この酸化膜は、半導体層若しくは磁性体層の酸化膜でもよいし、また SiO_2 、 Al_2O_3 などの酸化膜、 Si_3N_4 、 AlN などの窒化膜など各種のものを用いることが可能である。

(実施例3) 次に第2の発明の実施例を説明する。

【0029】図3に示す構造は、絶縁性の基板(11)上に第1の磁性体層(12)、第1の半導体層(13)、第3の半導体層(14)、第2の半導体層(15)及び第2の磁性体層(16)がこの順序で積層形成されている。

【0030】この構成では、第1の磁性体層と第1の半導体層とはオーミック接合が形成されている。また第2の磁性体層と第2の半導体層もオーミック接合が形成されている。また第1の半導体層と第2の半導体層は逆導電型である。従って例えば第1の半導体層がN型となると第2の半導体層はP型となる。また第1及び第2の半導体層に挟まれる第3の半導体層はI型である。なお実施例1と同様に第2の磁性体層に面内の一方向に磁気異方性を付与するため、第2の磁性体層(16)表面には磁化固定層(17)を形成した。

【0031】この様な構成を探ることで、第2の磁性体層の磁化が回転しないような範囲での磁界下では、第1の磁性体層中の磁気スピンのみが磁界の影響下で回転することになり、例えば磁界の強度により第1の磁性体層中の磁化方向と、第2の磁性体層中の磁化方向との相対角度が変化することになる。

【0032】この変化が、第1及び第2の磁性体層からそれぞれ第1及び第2の半導体層に注入される電子、正孔の、第3の半導体層での再結合確率の変化に反映されることになる。この様子を図4に概念図として示す。

【0033】すなわち第2の磁性体層の磁化方向に平行な方向に磁界を印加したときの方が、反平行の方向に磁界をかけたときに比べ、電気抵抗が高くなる。これは第1の磁性体層と第2の磁性体層の磁化の方向が平行の場合は、第1及び第2の半導体層にそれぞれ注入され、I型の半導体層に移行する電子、正孔間のスピンが反平行となり、再結合の確率が高くなる。一方磁化が反平行の場合は再結合の確率が低くなる。

【0034】I型の第3の半導体層中に蓄積されるキャ

リアは再結合確率に影響されるため、再結合確率が低い場合、すなわち反平行磁界印加の場合、I型の半導体層中のキャリア密度が上昇するためと考えられる。

【0035】なおキャリアの蓄積効果を用いれば電気抵抗の変化は顕著に現われるが、I型の半導体層を省略して、PN接合構造としても同様な原理で磁気抵抗効果の発現が可能である。またI型に代え、高抵抗の例えばP-、N-の半導体層を用いても同様の効果が得られる。

(実施例4) 実施例3の構造を用い、トランジスタのような3端子構造としたのが図5に示すものである。

【0036】この実施例では、絶縁性の基板(21)上に第1の磁性体層(22)が形成され、その上にN型の第1の半導体層(23)が形成されている。またこの第1の半導体層上の所定の領域にはP型の第2の半導体層(24)及び第2の磁性体層(25)がこの順序で積層形成されている。さらにこの第2の半導体層(24)が形成されている領域に近接した領域にP型の第4の半導体層(26)が形成されている。また第4の半導体層には電極層が形成されている。

【0037】この構成では、第1の磁性体層とN型の第1の半導体層とはオーミック接合が形成されている。また第2の磁性体層とP型の第2の半導体層もオーミック接合が形成されている。なお実施例1と同様に第2の磁性体層に面内の一方向に磁気異方性を付与するため、第2の磁性体層(25)表面には磁化固定層(27)を形成した。

【0038】さてこのような構造で、第1の半導体層(23)をベース(B)、第2の半導体層(24)をエミッタ(E)、第4の半導体層(26)をコレクタ(C)と呼ぶ。

第1の磁性体層(22)はベース電極、第2の磁性体層(25)はエミッタ電極になる。この構成でB-E間にバイアス電流を流した状態で外部磁界を変化させると、B-C間の電流が磁界に応じて変化する。これは以下の現象によるものと考えられる。

【0039】図6は本実施例の動作原理を示す概念図である。今、第2の半導体層の磁化が固定されているので、外部磁界の方向により第1の磁性体層の磁化方向が変化する。

【0040】磁化の方向が平行の場合は第1の磁性体層から第1の半導体層中に注入される電子のスピンの向きと、第2の磁性体層から第2の半導体層を介して第1の半導体層に注入される正孔のスピンの向きとが逆の方が相対的に多くなる。一方、反平行状態のときは、電子のスピンと正孔のスピンとは同じ向きになる方が多くなる。従って平行磁界のときの方が反平行磁界印加時に比べ再結合確率が高くなり、結果として残存するキャリア量が少なくなる。

【0041】第1の半導体層中で再結合せずに残存するキャリア量（この場合は正孔）は第4の半導体層に供給されることになり、この量が第4の半導体層と第1の磁性体層間に流れる電流量、すなわちB-C間の電流を支配することになる。従って反平行磁界印加時の方がB-C

C電流は多くなる。

【0042】以上のような原理で図5に示した構成の素子で磁気抵抗効果を得ることができる。原理的には図4で説明したのと同様であるが、図5の構成の方がバイアス電流と信号電流を分離し、増幅作用があるので高出力となる。

【0043】図5に示した構成で、第1の半導体層と第2の半導体層及び第4の半導体層間に、第3の半導体層として1型若しくは第1及び第2の半導体層より高抵抗の低濃度半導体層を介在せしめることもできる。これは先の実施例と同様の効果を期待したものであり、再結合を第3の半導体層中で行わせようというものである。この構成を図7(a)として示す。また各磁性体層と半導体層との接合を良好にするなどの目的で、高濃度の半導体層を介在せしめても良い。この構成を図7(b)として示す。

【0044】以上示した実施例は基本動作を説明するものであるが、実用に際しては、基本パターンを平面方向で繰り返したもの、積層方向で繰り返したものを用いたり種々の変形が可能である。

【0045】例えば図8は、図6に示す構成を変形したものの平面図であるが、第2の半導体層を取り囲むように第4の半導体層を形成している。この様な構成によれば再結合せずに残ったキャリアを有効に利用することができる。磁気記録の読み出しヘッドとして用いる場合は例えば図8に示すように媒体が位置するが、これに限らず種々の位置関係が考えられる。磁界の検出は直接電圧、電流を読み取る他に、電流変化、電圧変化などスピニ偏極状態を反映した物理量であれば何を検出しても良い。

【0046】また従来のMRヘッドなどで磁束の導入の仕方(軟磁性体を磁路として用いるなど)、磁気バイアスのかけ方などは本願発明の趣旨を損なわない範囲で適宜応用することができる。また各図においては電極端子を模式的に表現しているが、当然のことながら配線などを

は薄膜形成技術を用いて作成できることも言うまでもない。

【0047】また以上の実施例では磁化の固定に反強磁性膜を用いたが、同様の作用を実現できればこれに限らず用いることができるることは言うまでもない。また必ずしも磁化固定を行う必要もない。さらに以上の実施例ではスピニ情報を持ったキャリアの注入は対向配置された磁性体層で行ったが、同一平面上で近接配置した磁性体層間で行っても良い。その他本発明の趣旨を変更しない限り各種の変形が可能である。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、新規な構造の磁気抵抗効果素子を得ることができる。この構成によれば極限的に薄い絶縁膜を必要とせず、再現性、安定性に優れた工業的に有用な磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明実施例を示す概略断面図。

【図2】 本発明実施例を示す概念図。

【図3】 本発明実施例を示す概略断面図。

【図4】 本発明実施例を示す概念図。

【図5】 本発明実施例を示す概略断面図。

【図6】 本発明実施例を示す概念図。

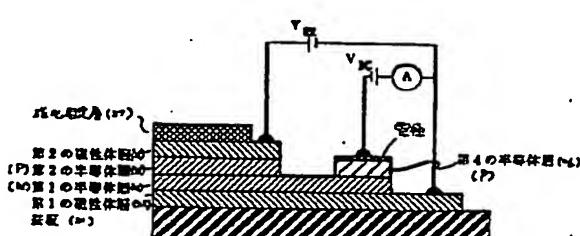
【図7】 本発明実施例を示す概略断面図。

【図8】 本発明実施例を示す概略平面図。

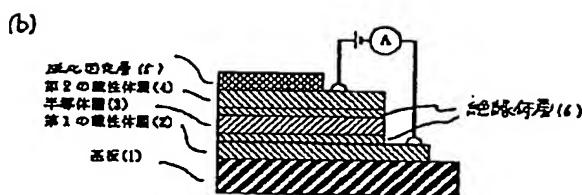
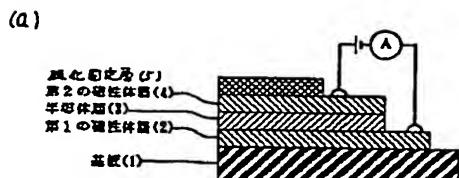
【符号の説明】

- 1, 11, 21 … 基板
- 2, 12, 22 … 第1の磁性体層
- 3 … 半導体層
- 4, 16, 25 … 第2の磁性体層
- 13, 23 … 第1の半導体層
- 15, 24 … 第2の半導体層
- 14, 28 … 第3の半導体層
- 26 … 第4の半導体層

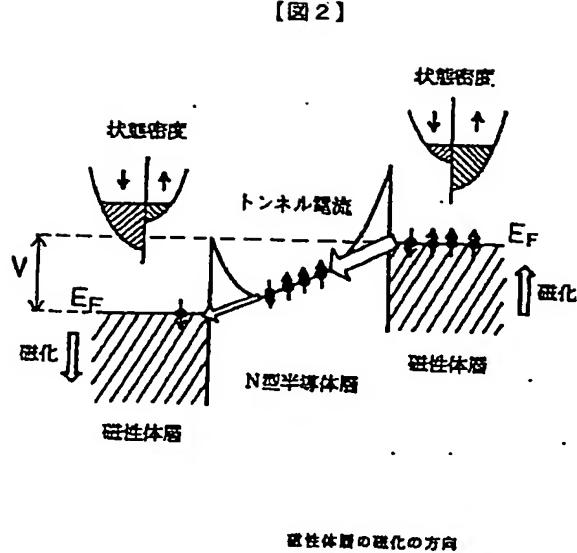
【図5】



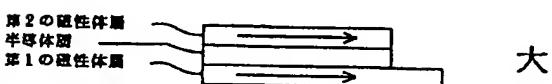
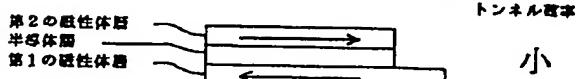
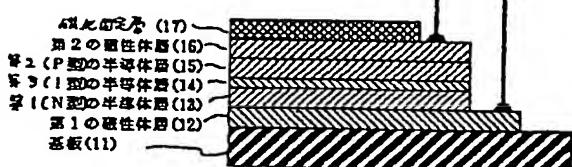
【図1】



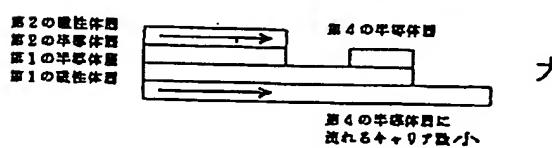
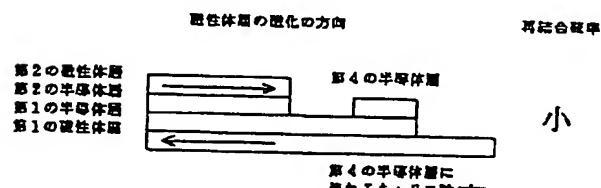
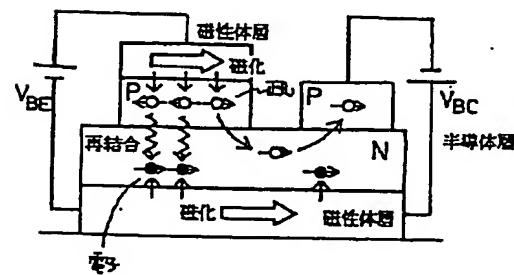
【図2】



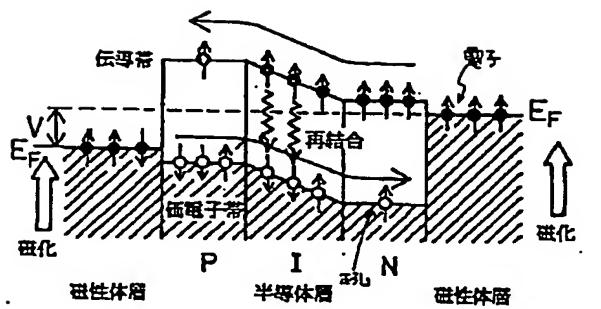
磁性体層の磁化の方向



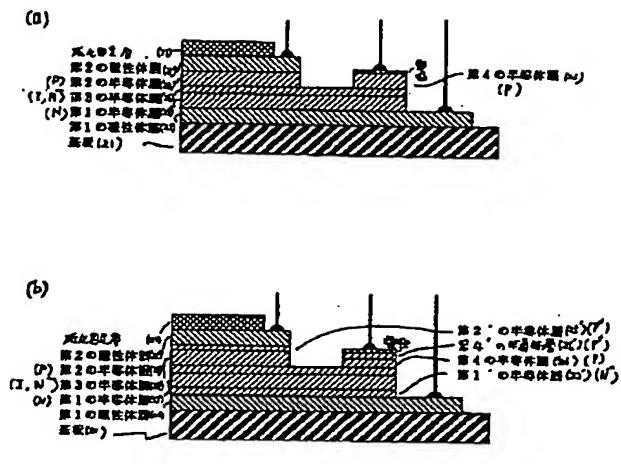
【図6】



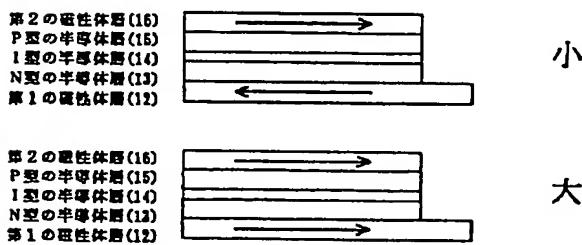
【図4】



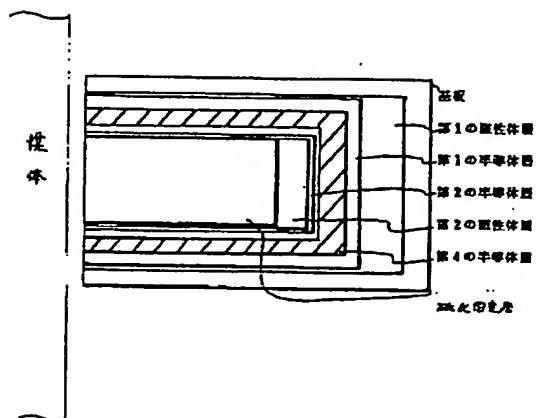
【図7】



磁性体層の磁化の方向 再結合確率



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 岩崎 仁志

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝総合研究所内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第7部門第2区分
【発行日】平成13年3月16日(2001.3.16)

【公開番号】特開平6-97531
【公開日】平成6年4月8日(1994.4.8)
【年通号数】公開特許公報6-976
【出願番号】特願平4-242468
【国際特許分類第7版】

H01L 43/08
G01R 33/06
G11B 5/39
// H01F 1/00

【F1】

H01L 43/08 S
G11B 5/39

【手続補正書】

【提出日】平成11年9月9日(1999.9.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の磁性体層と、第2の磁性体層とが、P型若しくはN型の半導体層を介して接合された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 第1の磁性体層と、第2の磁性体層とが、第1導電型の第1の半導体層と第2導電型の第2の半導体層との接合を有する半導体層を介して接合された構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 第1の磁性体層と、この第1の磁性体層に接合された第1導電型の第1の半導体層と、この第1の半導体層に接合された第2導電型の第2の半導体層と、この第2の半導体層に接合された第2の磁性体層と、第1の半導体層に接合された第2導電型の第3の半

導体層とを具備したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記磁性体層と前記半導体層との間に絶縁体層を介在せしめたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 第1の導電型の半導体層と第2導電型の半導体層との間に1型若しくは高抵抗の半導体層を介在せしめたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記磁性体層と前記半導体層との間に非磁性金属層を備えることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記半導体層が信号增幅作用を備えることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記磁性体層と前記半導体層がショットキー接合されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: Dark areas**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.